

低濃度酸性環境下でのコンクリートの劣化挙動に関する基礎的研究

東北大学大学院 学生会員 ○寺林 明日美
 東北大学大学院 学生会員 納口 恭太郎
 東北大学大学院 正会員 久田 真

1. はじめに

これまで、下水道施設での硫酸によるコンクリート劣化に関する研究は数多くなされてきた。しかしながら筆者らも含め、その多くが促進実験として高濃度の硫酸溶液（pH1.0～0.5）を用いたものである¹⁾。硫酸によるコンクリート劣化は浸漬表面でのコンクリートの侵食現象と、コンクリート内部への硫酸の浸透現象の両方が同時に起こるものであり、実環境を模擬して実験を行う場合は両者のバランスを考慮して浸漬条件を定める必要がある。高濃度溶液を用いると前者の影響が卓越し、それよりも濃度の低い実環境での劣化挙動とは異なる可能性があるとして報告されている²⁾。その報告によると、およそpH1.0以下の範囲とpH1.5以上の範囲でコンクリートの硫酸による劣化挙動が異なるとされており、本研究ではpH1.5以上を対象として実験を行った。低濃度環境下ではコンクリートが侵食されにくい一方、硫酸の浸透の影響が卓越されると予想される。本研究では硫酸の浸透がコンクリート硬化体内部の空隙で起こるとし、それを変化させるため水セメント比と細骨材セメント比を変化させたペースト及びモルタル供試体を用いて低濃度硫酸浸漬実験を行った。また、硫酸溶液の場合と比較するために酸性雨を模擬した硫酸と硝酸の混合溶液を用いた実験も行った。

2. 実験概要

ペースト及びモルタル供試体の作製に使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、細骨材は宮城県大和町産山砂を使用した。配合は硬化体内部の空隙量を変化させるためにW/Cは35, 55, 65とし、S/Cは0, 1.0, 2.0, 3.0とした。（ただし、W/C35のS/C3.0は打ち込み困難であったため除外した。）なお、配合によっては細骨材量が少ないことによる材料分離を抑制する目的で、高流動コンクリート用増粘剤（メチルセルロース系）を用いた。供試体は40×40×160mmの角柱供試体を用い、28日間標準水中養生を行った後に4つに切断して40×40×40mmの直方体とし、打設底面以外の5面をエポキシ樹脂で封緘した。実験は浸漬面を容器に対して垂直にし、一面浸漬実験とした（写真1）。

本実験では、実構造物が曝されると想定される低濃度硫酸溶液を模擬するために、用いた硫酸の濃度は0.1%, 0.3%, 0.5%とし、酸性雨模擬水は硫酸イオンと硝酸イオンが質量比で2:1で両者の合計の陰イオン濃度が0.3%の硫酸と同等になるものを使用した。各溶液の初期pHは表1の通りである。溶液は2週間ごとに交換し、その度に供試体の上下を逆にした。基本的に常時湿潤環境としたが、硫酸濃度0.3%溶液および酸性雨模擬水については乾湿繰り返しの影響を調べるために2日浸漬5日乾燥を1サイクルとして繰り返す実験も行い、浸漬後2ヵ月目の重量変化について考察を行った。



写真1 浸漬実験の様子

pH	硫酸 (%)			酸性雨 模擬水
	0.1	0.3	0.5	
	2.12	1.72	1.45	1.73



写真2 W/C65%-0.3%硫酸で乾燥ありの場合の供試体表面

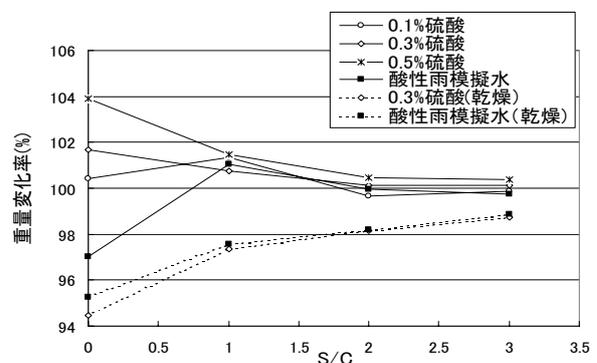


図1 モルタルのS/Cと重量変化率の関係 (W/C65%)

キーワード 低濃度酸性環境, 細孔空隙, 遷移帯, 細骨材セメント比

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 022-795-7432

3. 実験結果

まず、溶液種類の影響について検討を行う。図1に W/C65%の場合について、浸漬開始から2ヶ月目のS/Cと重量変化率の関係を示す。図より、硫酸溶液で乾燥なしの3種類はS/Cが大きくなるに従い重量変化率は小さくなる傾向を示す。また、2ヶ月目の時点ではほぼ重量減少は起こっておらず全体的に重量は増加している。硫酸溶液に常時浸漬すると、浸漬表面で供試体中のセメント水和物と硫酸が反応して二水石膏の堆積が進み、重量が増加するためと考えられる。セメント量が多いほど堆積する二水石膏は多いため、S/Cが小さいほど重量の増加率が大きくなったと考えられる。一方、酸性雨模擬水に常時浸漬したものはS/Cが0の時に大きく重量が減少している。酸性雨模擬水では、硫酸のみの場合と比べると浸漬表面での二水石膏の堆積が少ない上に硝酸との反応によってセメント水和物が溶出するため、重量減少が卓越すると考えられる。細骨材が存在すると、溶出成分も少なくなるためにS/Cが大きい配合では重量変化が小さくなったと考えられる。最後に、浸漬と乾燥を繰り返した2種類はほぼ同じ挙動となっている。常時浸漬したものに比べると重量減少が大きく、これは、浸漬期間中に生成した二水石膏が乾燥期間中に風化したようになり、表面から剥がれやすくなったためだと思われる。その様子を写真2に示す。

次に、W/Cによる違いについて考察する。図2はそれぞれ硫酸に浸漬して2ヶ月経過時の重量変化率の結果である。0.3%硫酸に浸漬した場合は乾燥の有無によらずW/C55%の挙動にばらつきが見られる。だが、全体の傾向としては、W/C65%は重量変化の増減が最も大きく、また、S/Cが小さい程W/Cによる差が大きくなっている。前者の点についてはW/Cが大きい程、細孔空隙量が多いため硫酸の浸透が進み、より多くの石膏が堆積した結果と推察される。既往の研究で高濃度の硫酸溶液を使用した場合は、W/Cが小さくセメント水和物量が多いものほど硫酸と反応しやすく重量変化は大きくなったが、本実験のように低濃度溶液を用いた場合はそれとは逆になることが示唆された。また、後者の点については、重量変化率ではS/Cが1を超えるとほぼ横ばいとなっていることから、現時点で詳細な検討をすることは難しい。今後、中性化深さの結果を得ながら、硫酸の浸透に対する影響を検討していく予定である。

4. まとめ

低濃度硫酸環境下では、水セメント比が大きいものほど重量変化率が大きく、細孔空隙量が多いと硫酸とセメント水和物は反応し易いことが示された。また、細骨材量が少ないものほど重量変化率は大きく、細骨材の存在によって重量変化が抑制されることが分かった。今後、中性化深さを測定することにより、深さ方向の硫酸の浸透度を調べてより詳細な検討をしていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 寺林明日美ら：硫酸環境下におけるコンクリートとモルタルの劣化挙動の比較，セメント・コンクリート論文集，2005。
- 2) 蔵重勲，魚本健人：硫酸によるセメント硬化体劣化に関する影響要因，耐久性シンポジウム論文集，pp. 47-50，2002。

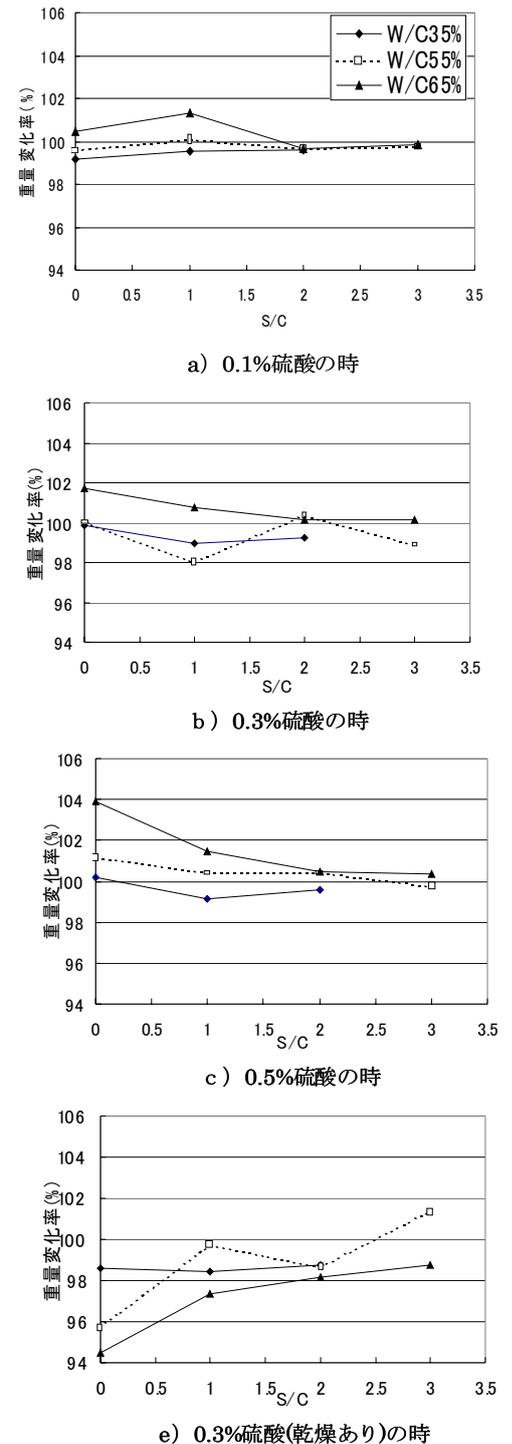


図2 各溶液での重量変化率とS/Cの関係